

OTKA T 042634

Autonóm robotok korszerű irányításelméletének, navigációjának és az intelligencia növelésének kutatása

A KUTATÁS EREDMÉNYEI

1. A kutatás célja, a munkatervben vállalt program rövid összefoglalása

A kooperáló, mobilis és gyengén ismert környezetben is önálló működésre képes ún. autonóm robotok a nagyméretű, nemlineáris dinamikus rendszerek irányítási elméletének körébe tartoznak. A korszerű elméleti eredményeken alapuló irányításukhoz látórendszereket, mesterséges kezeket és szabad pályán mozgó mobilis platformokat is figyelembe kell venni. A mobilis platform általánosabb felfogásban kerekeken guruló jármű (vehicle), lábakon járó vagy kúszó robot (walking or climbing robot), kisméretű légi (repülő, helikopter), vízi (hajó) vagy víz alatti jármű (tengeralattjáró) lehet. A mobilis platformra több szabadságfokú, legtöbbször redundáns szabadságfokokkal is rendelkező robotot szerelhetnek. Az így keletkező mobilis robot vagy mobilis robotok csoportja egy bonyolult rendszer, amelynek különféle komponensei a megcélzott feladatok elvégzésében koordinált módon résztvevő kooperáló mobilis ágenseket alkotnak. Mivel a mobilis robotnak általában olyan környezetben kell működnie, amelyet csak lazán ismerünk, ezért szükség van navigációs képességre és mesterséges intelligencia eszközökre az autonóm működés biztosításához.

A kutatás új elméleti eredmények és módszerek kifejlesztésére koncentrálódott a kooperáló, mobilis és sokszabadságfokú robotok modellezése, identifikációja és irányítása, mobilis ágensek mozgástervezése, a lézeres technikára és a sztereo képfeldolgozásra épülő navigáció, valamint a tervezést és az eredmények dokumentálását támogató virtuális valóság területén.

2. A szerződésben vállaltaktól való eltérések

A szerződésben vállalt kutatási feladatoktól és a költségtervtől a megvalósítás során nem tértünk el. A résztvevők köre kis mértékben módosult az időközben a kutatásba bekapcsolódott új doktori hallgatókkal (Varga Ádám, Szádeczky-Kardoss Emese, Lemmer László), biztosítva ezáltal a doktori képzés folytonosságát a kutatási témában. Az eszközbeszerzések a szerződésnek megfelelően realizálódtak.

3. Az eredményekből született publikációk statisztikája

A kutatásban a BME Irányítástechnika és Informatika (IIT) és Automatizálási és Alkalmazott Informatika (AAIT) tanszékei vettek részt. A kutatómunka a szerződésben vállalt feladatok szerinti bontásban, a témavezető koordinálásával folyt.

Az autonóm robotok korszerű irányításelméletének, navigációjának és az intelligencia növelésének tárgykörében dolgoztunk ki elméleteket, módszereket és eljárásokat. Az eredményekből 4 angol nyelvű PhD disszertáció (Kemény Zsolt, Harmati István, Vas Gábor, Márton Lőrinc; témavezetőjük Lantos Béla) és 1 magyar nyelvű (Vajda Ferenc; témavezetője Vajta László) már megvédésre került, további 2 doktori cselekmény (Tél Ferenc, Oláh István) 2007-ben indul. Az eredményekből angol nyelven 4 könyvfejezet, 12 folyóiratcikk (ebből 8 külföldi folyóiratban), 35 nemzetközi konferencia előadás, 1 tanulmány, továbbá magyar nyelven 2 folyóiratcikk és 4 tanulmány jelent meg az OTKA támogatásra történt hivatkozással. Az Akadémiai Kiadónál 2003-ban megjelent könyv foglalkozik a robotok, járművek, repülők és helikopterek egységes elvek szerinti modellezésével és korszerű irányítási módszereivel.

4. Az elért eredmények

Az eredményeket a szerződésnek megfelelően tanszékenkénti bontásban ismertetjük. A hivatkozások számozása az OTKA adatbázisában szereplő publikációk számozásának felel meg annak nyomtatási képében.

Az Irányítástechnika és Informatika Tanszék eredményei:

1. Módszereket dolgoztunk ki redundáns mobilis robotok mozgásának koordinálására, amely lehetővé teszi a mozgás optimális megosztását a platform és a robot között. [3], [4].

a) Általánosítottuk Dahm redundanciakezelő algoritmusát 8-szabadságfokú, translációs csuklót is tartalmazó robot esetére és szisztematikus módszert fejlesztettünk ki a szinguláris konfigurációk feltérképezésére. b) Robusztus és moduláris felépítésű algoritmust (Parametrization through Null Space) fejlesztettünk ki a korlátozások melletti optimalizálásra. c) Eljárást dolgoztunk ki redundáns robotok mozgástervezésére, mely a robot mozgása során egy megválasztható preferált konfiguráció közelében tartja a robotot, és amely a csuklótartományok határainak elérésekor is biztosítja a csuklóváltások folytonosságát. d) Kétlépcsős algoritmust fejlesztettünk ki a kar-platform koordináció megvalósítására, amely figyelembe veszi a kar és a platform eltérő tulajdonságait. Az eredmények közül több is kipróbálásra került a Siemens Corporate Technology Munich "MORPHA" projektje keretében, valós idejű körülmények között.

2. Mozdástervezési és irányítási algoritmusokat dolgoztunk ki a rétegezett irányítások és a játékelmélet bevonásával multiágensű rendszerek számára. A rétegezett rendszerek lehetővé teszik váltakozó kényszerek kezelését (a mozgás különböző fázisaiban más-más állapotegyenletek érvényesek). [2], [12], [22], [23], [34], [35], [36], [37], [38]

a) Rétegezett mozgástervezési algoritmust fejlesztettünk ki többujjas kezek, lábon járó robotok és más mechatronikai rendszerek irányítására Lie-algebrai elvek alapján, amely biztosítja a végállapot egy előírt időpontban való elérését, és referenciapontok adaptív beszúrásával javítja a rétegezett mozgástervezés konvergencia tulajdonságait. b) Illesztett, rétegezett (IR) és részlegesen rétegezett (IRR) manipulációtervezési módszert fejlesztettünk ki, amely felhasználható korlátozott munkatérben vagy erőzárás biztosítására. c) Bevezettük a dekomponált trajektória típust, amelyre alapozva módszert dolgoztunk ki holonóm rétegezett rendszerek mozgástervezésére, amely biztosítja a dekomponált trajektóriák követését. d) Kifejlesztettünk egy új anholonom mozgástervezési módszert a rétegezetten irányítható rendszerek egy olyan osztályára, ahol a meghagyó vektormezők nem feszítik ki a rétegezett alaprendszer konfigurációs terét. A módszer képes dekomponált trajektória approximációjának követésére. e) A korábban kidolgozott, a szétcsatolt Lie algebra feltételen (DLAC) alapuló mozgástervezési módszert kiterjesztettük nem sima, lépcsős környezetben történő mozgástervezésre lábon járó robotok esetén. f) Multiágens rendszerek mozgó objektumai ütközésmentes, formációban való haladásának tervezésére és irányítására játékelméleti módszereket dolgoztunk ki. A módszerek egy új szemi-kooperatív Stackelberg stratégián alapulnak, amely lehetővé teszi az egy csapathoz tartozó ágensek egyenletes költségterhelését. A módszert a költségkomponens súlyok fuzzy szakértővel történő hangolása teszi még robusztusabbá. Megtörtént a módszer átültetése forgalomirányítási rendszerekbe, ahol a játékosok hierarchikus csoportokba vannak szervezve.

3. Tárgymanipulációs algoritmusokat fejlesztettünk ki kooperáló robotok és többujjas robotkezek irányításához, amely a szimulált lehűtés és az A kereső algoritmus mesterséges intelligencia eszközökön alapul. [11], [62], [63]*

a) Bevezettük a V kvantált relatív sebesség mátrixot, amely a manipulációs ágensek mozgássorozatát reprezentálja a lokális tervező szintjén. A felső globális tervező a tárgy mozgását állítja elő A^* kereső algoritmus és heurisztikák bevonásával. Az alsó szint, a lokális tervező koordinálja az ágensek relatív mozgását a tárgyhoz képest, valamint a kontaktuserők meghatározását. b) A megfelelő mozgásfolyamat előállítására új elvű költségfüggvényt és a szimulált lehűtésen alapuló lokális tervezőt fejlesztettünk ki, amely kielégíti a mozgás-kényszereket és kvázi-optimális megoldást biztosít. A kontaktuspontban kifejtendő erőt lineáris programozási feladat megoldása adja. c) A manipuláció tervezéshez további kiegészítéseket dolgoztunk ki, így pszeudo-ágensek alkalmazását és egy új kontaktuspont relokációs módszert kooperáló ágensek számára a megfogás átkonfigurálásához. d) Algoritmust fejlesztettünk ki egyszerre több robot időoptimális mozgás-trajektóriáinak meghatározására, amely jelentős hatásfokjavulást eredményez 24-órás robotalkalmazásoknál és gyártórendszerekben.

4. Módszereket fejlesztettünk ki járművek és intelligens beavatkozó szerveik modellezésére, pályatervezésére és korszerű elveken alapuló irányításukra. [20], [43], [44], [45], [55], [56], [57], [64]

a) Irányítási algoritmusokat fejlesztettünk ki járművek és autonóm mobilis (kerekeken gördülő, illetve lépegető) robotok és azok intelligens beavatkozó szerveinek irányítására és integrált működtetésére. Az irányítási algoritmusok kifejlesztéséhez kidolgoztuk a részegységek modellezését, a modellalapú pályatervezést és a pályakövető szabályozó szintézisét. b) Módszereket dolgoztunk ki az egyre több robotikai és mechatronikai alkalmazással rendelkező és konstrukciójánál fogva számos előnyös tulajdonsággal bíró hullámhajtóműnek a szakirodalomban eddig alig kutatott, differenciális módusban történő modellezésére és irányítására, amely hibrid pozíció-nyomaték irányítást tesz lehetővé két tengelyen. A kidolgozott algoritmusokat mérések alapján identifikált fizikai rendszeren teszteltük. c) Eredményeket értünk el a mechatronikai rendszerek és autonóm mobilis platformok pályatervezése területén valószínűségi alapú gráfok bevonásával. Ennek során kihasználtuk, hogy a mobilis platformokra és lépegető robotokra jól alkalmazhatóak az anholonom és rétegezett rendszerekre általánosított és a munkatérben kijelölt kulcspozíciók felvételével továbbfejlesztett és hatékonyabbá tett valószínűségi alapú gráfokat építő pályatervezési technikák. d) Valós időben alkalmazható, folytonos és korlátos görbületet garantáló pályatervezési eljárást dolgoztunk ki mobilis robotokhoz és a pályatervezési technikákat olyan új algoritmusokkal egészítettük ki, amelyek lehetővé teszik a referenciapályák követési hibától függő időskálázását a pályakövető szabályozó számára. Az eredményeket kétszabadságú robotmodelleken és mobilis platformokon szimuláltuk, az algoritmusok valós idejű implementálására MATLAB-dSPACE alapú ún. hardware-in-the-loop környezetben került sor. e) A kooperáló rendszerek és flexibilis gyártócellák integrált irányítása területén a diszkrét eseményvezérelt rendszerek elméletét felhasználva formális, watchdog alapú módszereket dolgoztunk ki az egyes ágensek meghibásodásának kezelésére.

5. Adaptív irányítási algoritmusokat fejlesztettünk ki mechatronikai rendszerek és robotok súrlódási jelenségeinek modellezésére és kompenzálására. [6], [7], [8], [14], [15], [16], [27], [28], [46], [47], [48], [65]

a) Adaptív irányítási algoritmust dolgoztunk ki egybemenetű rendszer esetén, amely garantálja a beavatkozó jel korlátosságát az adaptáció kritikus fázisaiban. Megmutattuk, hogy az algoritmus alkalmazható alulaktuált (underactuated) mechatronikai rendszerek irányítására is. b) Felügyelő szabályozási struktúrát dolgoztunk ki egyváltozás nemlineáris rendszerek adaptív neurális irányítására, amely fogyelembe veszi a modellbizonytalanságok hatását és biztosítja a jelek korlátosságát. c) Modellt dolgoztunk

ki az alacsony sebességű súrlódási jelenségek leírására és adaptív kompenzálására. Komplex (Coulomb, Striebeck, Tustin) súrlódási modellek esetén reális mechatronikai mintarendszeren verifikáltuk a modellek és irányítások helyességét. d) Robusztus-adaptív irányítási algoritmust dolgoztunk ki robotikai rendszerek irányítására, amelyben az inercia-paraméterek pontatlanul ismertek és a tengelyekre egymástól független dinamikus súrlódások hatnak. Megadtuk a stabilitásvizsgálathoz szükséges Ljapunov-függvényt és a stabilitás bizonyítását.

6. Földi járművek automatikus akadályelkerülésére pályatervezési módszert és prediktív irányítási algoritmust dolgoztunk ki korszerű érzékelők és állapotbecslés bevonásával. [25], [26], [40], [41], [42], [60], [61]

a) Statikus akadályok és mozgó akadályok (szembejövő jármű stb.) esetén az elasztikus szalag elvén alapuló gyors algoritmust fejlesztettünk ki az akadályokat elkerülő pálya meghatározására. b) Kidolgoztuk a jármű nemlineáris és közelítő nemlineáris bemenet-affin modelljét, és ezekre alapozva az akadályelkerülő pálya optimális mozgó horizontú prediktív irányítását (Receding Horizon Control). Mivel a pályához nem határozhatók meg valós időben a beavatkozó jelek, ezért az első horizontban a közelítő modellen alapuló nemlineáris szétcsatolást alkalmaztunk induló irányításként, a továbbiakban a pedig a megelőző horizont optimális irányítását eltolva és korrigálva. Kidolgoztuk a hiba minimalizálásának analitikus módszerét a végállapot hibájának nullává tétele mellett a mozgó horizontban. c) Korszerű érzékelők (2-antennás GPS, 3D gyorsulásérzékelő/gyiroszkóp) bevonásával kidolgoztuk az állapotok többszintű Kalman-szűrőn alapuló becslését, amelyet integráltunk az irányító rendszerbe. Az integrált irányító rendszer a valós idejű elvárásokat kielégíti.

7. Sztereó képfeldolgozás területén, kalibrálatlan (autozoom) kamerákat feltételezve módszereket fejlesztettünk ki a 3D jelenet rekonstruálására, az objektumok felismerésére, a tárgyak közötti relatív pozíció és orientáció meghatározására és a mozgáskövetésre. [9], [10], [18], [19], [54], [58]

a) Az alacsonyszintű képfeldolgozás számára egy új robusztus sarokpont detektálási módszert dolgoztunk ki, amely különböző "template" szűrők alkalmazásával az éleket a nagy görbületű részeknél feldarabolja, elkészíti az így keletkezett élszakaszok matematikai leírását alapprimítíveket (egyenest ill. másodrendű görbéket) illetve. Az alacsonyszintű képfeldolgozás kimenete az egyes kameraképekben összetartozó sarokpontokat, másodrendű görbe típusú primitíveket és az ezek közötti relációkat leíró 2D gráf. b) A megfeleltetési probléma megoldására kidolgozott algoritmus az egyes képeket leíró jelenetgráfok felhasználásával meghatározza az összetartozó primitíveket (feature matching). A gráfillesztési probléma megoldására algoritmust fejlesztettünk ki, amely egy új hibafüggvényre és a fokozatos lehűtés elvére épül. c) A jelenet rekonstrukciójához az összetartozó 2D információk segítségével a rendszer felépíti a jelenet 3D projektív struktúráját, meghatározza a kamerák paraméteres leírását, illetve a primitívek 3D projektív koordináta reprezentációját. Ennek a rekonstrukciós problémának a megoldására kétféle (csak pont, illetve pont és egyenes primitíveket kezelő) eljárást dolgoztunk ki. Megmutattuk, hogy a paraméterek szeparálhatóak, és erre épülve zárt alakú megoldásokat adtunk, amely a számítási időt jelentősen csökkenti. A projektív rekonstrukció kimenete a jelenet egy 3D projektív vagy kvázi-affin leírása. d) Az objektumfelismeréshez algoritmust dolgoztunk ki, amely a primitívek 3D koordináta információiból számított invariáns vektorok adatbázisban indexként történő felhasználásával történik. e) A projektív rekonstrukció és az objektumfelismerés eredményeinek felhasználásával megadtuk a felismert tárgyak egymáshoz képesti 3D euklideszi relatív pozíciójának és orientációjának kiszámítási módját. e)

Mozgáskövetéshez kidolgoztuk a Lucas-Kanade detektor egy továbbfejlesztett verzióját.

8. *Virtuális valóság eszközök bevonásával kidolgoztuk a kézmozdulatokkal történő irányításhoz és a teleoperációhoz az emberi kéz részletes kinematikai modelljét.* [39]

a) Közel anatómiai mélységű, de robotcsukló-centrikus felfogásban kidolgoztuk a sokszabadságfokú kéz geometriai modelljét. b) A probléma kritikus részét alkotó hüvelykujj számára 4 különböző modellt fejlesztettünk ki. c) Elvégeztük a modell alkalmazhatóságának vizsgálatát tipikus emberi kézmozdulatok és teleoperációs feladatok esetén.

9. *Mobilis és mikrorobotok viselkedésorientált irányításához platform független szimulátort fejlesztettünk ki, amely csökkenti a tervezési fázis költségét és a meghibásodás kockázatát.* [13], [24], [30], [31], [32], [59]

a) Mobilis robotok, mikrorobotok és más multiágensű mobilis rendszerek navigációjának, irányításának és mozgástervezésének vizsgálatára virtuális valóság eszközök bevonásával új viselkedésorientált 3D szimulációs rendszerkonceptió került kifejlesztésre. Kiterjedt vizsgálatokat folytattunk a lézeres képfeldolgozás és 3D vizualizáció lehetőségeiről, valamint az egyes vizualizációs komponensek szerepéről a teleoperációban. b) Erre alapozva elkészült a GLBot.NET szoftver rendszerterve, amely korszerű szoftvertechnológiai eszközökre épül (.NET szoftver architektúra, nyílt Internet standardok), és lehetővé teszi különféle mobilis robotok és érzékelők intelligens kezelését, reális rendszerkomponensek virtuális környezetben történő előzetes tesztelését (hardware-in-the-loop) és mozgástervezését. c) Ágensek közötti magasszintű kommunikációra kifejlesztettük a HIAC protokollt. d) A forgalomsűrűség adatait és az ágensek viselkedési modelljét felhasználó mozgástervezési módszert fejlesztettünk ki.

Az Automatizálási és Alkalmazott Informatika Tanszék eredményei:

10. *Ipari robot hibrid pozíció/erő irányításához új architektúrát, kommunikációs megoldásokat és szoftver platformot fejlesztettünk ki, amely megkönnyíti a valósídejű irányító szoftverek fejlesztését.* [1], [17], [21], [29], [33], [49], [50], [51], [52], [53], [66]

a) Az AAIT tanszéken korábban kifejlesztett és mindkét tanszéken használt robotvezérlő architektúrát felülvizsgáltuk, áterveztük és az új architektúrát realizáltuk a hardver és szoftver területén egyaránt tapasztalható fejlődés elvárásainak megfelelően. A valósídejű követelményeket, különösen a legösszetettebb hibrid pozíció/erő irányítás elvárásait figyelembe vevő korszerű megoldás került kifejlesztésre, amely biztosítja a MiniForce erő/nyomaték érzékelő magas szintű kezelését és a CAN-buszra épülő gyors adatkapcsolatot a host megkerülésével, megteremtve ezáltal a korszerű irányítási algoritmusok, köztük a hibrid pozíció/erő irányítás megvalósításának architektúrális alapját az elosztott multiprocesszoros rendszerben. b) Szoftveres oldalon korábban megtörtént a rendszer átültetése a QNX operációs rendszer legújabb 6-os verziójára. Az új valósídejű operációs rendszer sajátosságainak megfelelően, a maximális teljesítmény elérésének érdekében, a teljes szoftverrendszert felülvizsgáltuk és átalakítottuk. Megoldottuk a kifejlesztett és PCI buszos felülettel rendelkező csatoló kártya szoftveres illesztését, amely az erő/nyomaték irányításhoz szükséges visszacsatolást valósítja meg. Ez lehetővé teszi a nagy teljesítményű, megfelelő sebességű működést a robotvezérlő architektúrában, de olyan általános felületet is biztosít, amelynek segítségével rugalmasan fogadhatók és kezelhetők az érzékelő által szolgáltatott magas szintű információk. c) Elvégeztük a fontosabb robotirányítási algoritmusok összehasonlító vizsgálatát és értékelését. A tapasztalatok alapján elkészítettük a hibrid robotirányítás rendszertervét, figyelembe véve a QNX 6 (Neutrino) sajátosságait. d) PUMA 560 robot ARPS (Advanced Robot Programming System) saját fejlesztésű irányító rendszerében kifejlesztettük a

pozícióirányítási utasítások erő/nyomaték korláttal történő kiegészítését, a hibrid pozíció/erő irányítás utasításainak megvalósítását és elvégeztük a pályatervezés ehhez szükséges módosítását. e) Megvizsgáltuk egy magas szintű kezelői felület kialakításának lehetőségeit. Részletesen áttekintettük a nyelvi eszközök kifejlesztésére és az ember-gép kapcsolat kialakítására kínálkozó lehetőséget. Ezek alapján elkészült az ARPS robotirányító rendszer kezelői felületének új változata. A rendszer lehetőséget biztosít a természetes és mesterséges korlátozások kényelmes megadására. Lehetőség van továbbá a pozíció és erő-nyomaték irányítási feladatok konfigurációs adatainak felhasználóbarát beállítására és az irányítási tranziensek tárolására.

Résztvétel nemzetközi tudományos konferenciákon

Az OTKA keretében biztosított pénzügyi források és részben más (tanszéki, OM, CLAWAR) források felhasználásával kutatóink az alábbi külföldi nemzetközi konferenciákon tartottak előadást (zárójelben az előadások száma):

- IEEE MMAR 2003, Miedzydroje (2)
- MED Contr. & Aut. 2003, Rhodes (2)
- ESIC 2003, Miskolc (1)
- IFAC Rob. Contr. 2003, Wroclaw (1)
- ROMOCO 2004, Poznan (1)
- CLAWAR/EURON 2004, Vienna (1)
- Int. Symp. Hung. Researchers 2004, Budapest (1)
- IEEE INES 2004, Cluj-Napoca (2)
- microCAD 2004, Miskolc (1)
- IEEE MMAR 2004, Miedzydroje (1)
- IFAC World Congress 2005, Prague (2)
- IEEE Mechatronics 2006, Budapest (8)
- WSEAS ICOSSE 2006, Tenerife (2)
- AACS 2006, Budapest (1)
- ICINCO 2006, Setubal (1)
- SISY 2006, Subotica (1)
- CLAWAR 2006, Brussels (1)
- IEEE MMAR 2006, Miedzydroje (2)
- IEEE ISIC 2006, Munich (1)
- IFAC/IEE ICC 2006, Glasgow (1)
- IEEE INES 2006, London (2)

A kutatás során létrehozott befektetett eszközök és szoftverek

A befektetett eszközök beszerzési tervével összhangban, árváltozások miatt a támogatást más tanszéki forrásokkal is kiegészítve, az alábbi eszközök beszerzésére került sor:

- *Stateflow és Genetic Algorithm toolbox bővítések Matlab-hoz*
- *Egy-egy nagyteljesítményű host számítógép és monitor a 2 tanszék (IIT, AAIT) robotirányító rendszereinek modernizálásához*
- *Matlab R14 szoftver csomag irányítástechnikai tervezéshez*
- *Simatic látórendszer szenzor*
- *Crossbow MNAV100CA navigációs és szervó irányító egység*
- *PhyCORE MPC555 irányítóegység és gyors fejlesztőrendszer*
- *Navtech DK-FLEXPak-SSII differenciális GPS bázisegység és fejlesztőrendszer mobilis robot navigációjához*

Az új generációjú QNX Momentics Profession Edition valósidejű fejlesztőrendszer beszerzéséhez (nettó ára 2.6 mFt lett volna) a kanadai gyártótól jelentős árkedvezményt kaptunk a felvállalt oktatási feladatokért. Ezért csak az oktatási licenszet kellett megvásárolni, amelynek értéke a befektetett eszközök értékhatára (60 eFt) alatt maradt.

Referenciák, hivatkozások

Kutatómunkánk egyik értékmérője, hogy a kutatásba bevont doktori hallgatók közül többen egyetemközi illetve államközi szerződés keretében külföldi kutatásra kaptak meghívást 1 évre vagy hosszabb időre (Kemény Zsolt a Siemens AG Munich céghez, Káhlesz Ferenc a Bonni Egyetemre Németországba, Vas Gábor és Harmati István a Simon Fraser University kísérleti robotikai laboratóriumába Kanadába, Kovács Gábor a Lyoni Egyetemre Franciaországba). Márton Lőrinc a doktori képzés végeztével visszatért Romániába és a Sapientia Erdélyi Magyar Egyetem adjunktusa lett Marosvásárhelyen, 2006-ban pedig elnyerte az IEEE International Conference on Mechatronics “legjobb fiatal kutató publikációs díját”. Az Automatizálási és Alkalmazott Informatika Tanszék diplomatervezői közül többen is részt vettek az EUROBOT nemzetközi robotikai versenyeken. A kutatási témában mindkét tanszék több hallgatója nyert díjat kari és országos TDK konferenciákon.

Az Irányítástechnika és Informatika Tanszék robotikai és irányítástechnikai tevékenységének külföldi megítélését illusztrálja, hogy tagként (member state) résztvevője volt a CLAWAR2 (Climbing and Walking Robots) EU Contract GIRT-CT-2002-05080 projektnek, továbbá nagysikerű Workshop-ot rendezett Budapesten, amelyen a közreműködő európai országok egyetemein és cégein kívül részt vett és előadást taertott az USA és Japán több, robotikában mértékadó tudósa. A BME IIT Tanszék konzorcium vezetője az EU/US 2004-3221/001-001 “Complementary Activity Project, Open International Curriculum: Remote Sensing Systems, Robotics, and Risk Assesment” projektnek, amelyben US egyetemek (Cornell, Michigan, Florida Institute of Technology) és EU egyetemek (BME VIK, Leeds, Royal Military Academy Belgium) vesznek részt.

A kutatási periódusban Lantos Béla, Kiss Bálint és Harmati István korábbi és jelenlegi publikációira 14 független hivatkozás történt külföldi szerzőktől, ebből 7 rangos folyóiratcikkben (összesített impakt faktoruk IF=6.208), 1 PhD értekezésben és 6 konferencia kiadványban.

Budapest, 2007. február 15.

/Prof. Dr. Lantos Béla/
témavezető